

THÈSE
POUR LE
DOCTORAT EN MÉDECINE
(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Adrien STÉPHAN

Né le 14 Octobre 1904 à Roscoff (Finistère)

L'HUMIDIFICATION
DE
L'ATMOSPHÈRE
DANS
LES HABITATIONS

Président de Thèse : M. le Professeur TANON

PARIS
LIBRAIRIE LE FRANÇOIS
91, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 91

1931

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Adrien STÉPHAN

Né le 14 Octobre 1904 à Roscoff (Finistère)

L'HUMIDIFICATION DE L'ATMOSPHÈRE DANS LES HABITATIONS

Président de Thèse : M. le Professeur TANON

PARIS
LIBRAIRIE LE FRANÇOIS
91, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 91

—
1931

I. — PROFESSEURS

Le Doyen..... M. BALTHAZARD

	MM.
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale	GRÉGOIRE
Physiologie	ROGER.
Physique médicale.....	STROHL.
Chimie médicale.....	DESGREZ.
Bactériologie	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales....	BAUDOUIN.
Pathologie médicale.....	CLERC.
Pathologie chirurgicale.....	LENORMANT
Anatomie pathologique.....	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale.....	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LCEPER.
Hygiène et Médecine préventive.....	TANON.
Médecine légale.....	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée....	RATHERY.
Hydrologie thérapeutique et climatologie..	MAURICE VILLARET.
Clinique médicale.....	CARNOT.
	BEZANÇON.
	ACHARD.
	MARCEL LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance.	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants.....	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des ma- ladies de l'encéphale.....	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphi- litiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses.....	TEISSIER.
	DELBET.
Clinique chirurgicale.....	CUNEO.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique.....	TERRIEN.
Clinique urologique.....	LEGUEU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements.....	BRINDEAU.
	JEANNIN.
	J.-L. FAURE.
Clinique gynécologique	OMBRÉDANNE.
Clinique chirurgicale infantile et ortho- pédie	VAQUEZ.
Clinique thérapeutique médicale.....	SEBILÉAU.
Clinique oto-rhino-laryngologique.....	PIERRE. DUVAL.
Clinique thérapeutique chirurgicale.....	SERGENT.
Clinique propédeutique.....	LÉON BERNARD.
Clinique de la Tuberculose.....	MAUCLAIRE.
Professeur sans chaire.....	

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

	MM.
Neurologie et Psychiatrie.....	ALAJOUANINE.
Pathologie médicale.....	AUBERTIN.
Pathologie médicale.....	BÉNARD HENRI.
Physiologie.....	BINET.
Chimie biologique.....	BLANCHETIERE.
Pathologie chirurgicale.....	BROCQ.
Pathologie médicale.....	BRULÉ.
Pathologie chirurgicale.....	CADENAT.
Pathologie médicale.....	CATHALA.
Pathologie médicale.....	CHABROL.
Pathologie médicale.....	CHEVALLIER.
Pathologie chirurgicale.....	de GAUDART d'ALLAINES
Physique.....	DOGNON.
Pathologie médicale.....	DONZELOT.
Obstétrique.....	ECALLE.
Urologie.....	FEY.
Pathologie expérimentale.....	GARNIER.
Bactériologie.....	GASTINEL.
Pathologie chirurgicale.....	GATELLIER.
Histologie.....	GIROUD.
Pathologie médicale.....	HARVIER.
Anatomie.....	HOVELACQUE.
Pathologie médicale.....	HUTINEL.
Hygiène.....	JOANNON.
Chimie biologique.....	LABBÉ HENRI.
Parasitologie.....	JOYEUX.
Pathologie médicale.....	GUY-LAROCHE.
Oto-rhino-laryngologie.....	LEMAITRE.
Anatomie Pathologique.....	LEROUX.
Pathologie chirurgicale.....	LEVEUF.
Neuro-psychiatrie.....	LEVY-SOLAL.
Pathologie mentale.....	LIAN.
Pharmacologie.....	MERCIER FERNAND.
Histologie.....	MILLOT.
Pathologie chirurgicale.....	MONDOR.
Pathologie médicale.....	MOREAU.
Pathologie chirurgicale.....	MOULONGUET.
Pathologie chirurgicale.....	MOURE.
Histologie.....	MULLER.
Anatomie Pathologique.....	OBERLING.
Anatomie.....	OLIVIER.
Médecine légale.....	PIÉDELIEVRE.
Obstétrique.....	PORTES.
Pathologie chirurgicale.....	QUÉNU.
Physiologie.....	RICHET Fils.
Dermatologie et syphiligraphie.....	SÉZARY.
Pathologie médicale.....	VALLERY-RADOT.
	(Pasteur)
Obstétrique.....	VAUDESCAL.
Ophthalmologie.....	VELTER.
Histologie.....	VERNE.
Obstétrique.....	VIGNES.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

	MM.
Pharmacologie	BUSQUET.
Obstétrique	GUENIOT.
	LEQUEUX.
Parasitologie	NEVEU-LEMAIRE.
Physique	ZIMMERN.
Histologie	DEMELIN.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

(ANNEXE)

A TITRE PERMANENT

	MM.
Clinique médicale	ABRAMI.
Clinique médicale	CHIRAY.
Clinique médicale	DEBRÉ.
Clinique médicale	DUVOIR.
Clinique médicale	FIESSINGER.
Clinique chirurgicale	HEITZ-BOYER.
Clinique médicale	LAIGNEL-LAVASTINE.
Clinique médicale	LÉRI.
Clinique chirurgicale	AUVRAY.
Clinique chirurgicale	BASSET.
Clinique chirurgicale	CHEVASSU.
Clinique chirurgicale	MATHIEU.
Clinique chirurgicale	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale	PROUST.
Clinique chirurgicale	SCHWARTZ.
Clinique chirurgicale	LE LORIER.
Clinique chirurgicale	LEVY-SOLAL.
Clinique obstétricale	METZGER.

V. — CHARGÉS DE COURS

	MM.
Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes	MAUCLAIRE, agrég.
Stomatologie	FREY.
Education physique	CHAILLEY-BERT.
Radiologie clinique	LEDoux-LEBARD.
Puériculture	WEILL-HALLÉ.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A LA MEMOIRE DE MA MÈRE

A MON PÈRE

A MA FEMME

A MON FILS ET A MA FILLE

A MA SCEUR

A MES PARENTS ET AMIS

A Monsieur le Professeur LOUIS TANON

PROFESSEUR D'HYGIÈNE À LA FACULTÉ DE MÉDECINE
DE PARIS
MÉDECIN CHEF DES SERVICES D'HYGIÈNE DE LA PRÉFECTURE
DE POLICE
CONSEILLER TECHNIQUE SANITAIRE DU MINISTÈRE
DE LA SANTÉ PUBLIQUE
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

*Qui nous a fait le grand honneur
de présider cette thèse.
Témoignage de profonde reconnaissance.*

A CEUX QUI, AU COURS DE MES ETUDES M'ONT
GUIDÉ PAR DE SAGES CONSEILS, EN PARTICULIER
DANS L'EXECUTION DE CE TRAVAIL

A MES MAITRES DE LA FACULTÉS
ET DES HOPITAUX

AVANT-PROPOS

Appelé dernièrement à voir un enfant qui toussait sans arrêt depuis plusieurs heures, je fus saisi au seuil de sa chambre par une chaleur étouffante. Le petit malade était pourpre, agité, secoué par des quintes de toux sèche. Je ne constatais aucune lésion, sinon une légère irritation de la gorge. Le thermomètre accroché au mur indiquait $+ 28^{\circ}$ C. Le chauffage se faisait à l'aide d'un radiateur à circulation d'eau chaude.

Que s'était-il passé? Excès de chauffage évidemment, mais aussi et surtout ce petit accident pouvait se rattacher à une trop grande dessiccation de l'air ambiant.

L'humidité de l'atmosphère nous est en effet nécessaire pour une vie physiologique normale, or dans le mode d'existence actuel il est des périodes où l'homme, pour son confort, est amené par les variations de la température extérieure à modifier la température de son habitation. Cette modification se fait surtout dans nos pays par le chauffage, dans la lutte contre le froid et les réactions dangereuses qu'il peut provoquer sur notre organisme. Mais de leur côté les appareils de chauffage

dessèchent l'air en diminuant son degré hygrométrique, amenant de fâcheux inconvénients. Et ceci est important; et jusqu'au cours de ces dernières années, on ne s'était que peu préoccupé de cette question.

Nous allons l'étudier en voyant ce que c'est que l'humidité de l'atmosphère, quels sont les inconvénients de l'air sec, quels sont les moyens permettant l'humidification de l'air, la réalisation pratique de ces moyens, et leur application domestique et publique.

CHAPITRE PREMIER

L'HUMIDITÉ DE L'ATMOSPHÈRE

Depuis qu'il y a à la surface de la terre des êtres organisés, l'atmosphère a du contenir une certaine quantité de vapeur d'eau puisque celle-ci est nécessaire à leur développement. Sa présence est mise en évidence par tous les phénomènes météorologiques dont nous sommes les témoins. La pluie, la neige, la grêle, etc., sont en effet dues à la condensation de l'eau par abaissement variable de la température dans un air saturé de vapeurs.

Cette présence de l'eau dans l'air a intéressé l'homme depuis la plus haute antiquité. Hippocrate dans son traité des airs, des eaux et des lieux nous en parle déjà. Des observations multiples qui se sont succédées une science est née: c'est l'hygrométrie. Elle a pour but, la mesure de l'humidité atmosphérique. L'étude de l'hygrométrie a montré que l'humidité de l'atmosphère est essentiellement variable dans le courant d'une même journée, d'une même heure, que l'air n'est jamais complètement saturé et qu'il ne lui arrive pas non plus d'être absolument sec.

Le poids de l'eau que contient un volume déterminé d'air a été mesuré. Le résultat obtenu a été appelé : humidité absolue (i.e. le nombre de grammes par mètre cube).

Les observateurs ont également vu que la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère variait en général dans le même sens que la température, mais il n'en était pas de même pour l'humidité. Il fallait donc une mesure plus précise que celle de l'humidité absolue. Ils ont établi un rapport entre la quantité de vapeur d'eau que l'air contient et celle qu'il contiendrait, s'il était saturé à la même température. C'est l'humidité relative ou état hygrométrique de l'air. On pourrait dire également que c'est le rapport entre la tension actuelle de vapeur d'eau contenue dans l'air et la tension maximum correspondant à cette température.

Le mot humidité n'est donc pas un synonyme de quantité de vapeur d'eau, il ne traduit en réalité que la tendance de cette vapeur à se précipiter, à atteindre son point de rosée.

La tension maximum de vapeur d'eau augmente très rapidement avec la température et comme il faut d'autant plus de vapeur d'eau pour saturer l'air que sa température est plus élevée, l'atmosphère par les temps froids peut être très humide avec très peu de vapeur d'eau et au contraire très sèche par les saisons chaudes bien qu'elle en renferme beaucoup.

Comment est-on arrivé à mesurer la quantité d'eau que contient l'air ?

LES MÉTHODES DE MESURES

Les anciens mesuraient empiriquement l'humidité de l'atmosphère par son action sur certains sels, sels efflorescents, sels déliquescents, sur des matières qui changeaient de consistance ou de dimensions.

Puis des méthodes plus précises ont été employées. Actuellement on détermine la quantité de vapeur d'eau qui existe dans une masse d'air donnée en connaissant son poids ou ce qui revient au même le poids par unité de volume; car on peut passer de l'un de ces éléments à l'autre par une formule classique. Rappelons-là brièvement:

Si p est le poids de la vapeur contenue dans un volume d'air atmosphérique, f la tension de cette vapeur on a:

$$p = 1,293 \times 5/8. V \frac{1}{1 + at.} \frac{f}{760}$$

qui donne p si l'on connaît f et inversement.

Mais l'observation montre que ces données ne renseignent pas bien sur les caractères que nous avons indiqués précédemment comme caractérisant l'état d'humidité de l'atmosphère. Au contraire au moins dans une certaine mesure cet état d'humidité paraît être en concordance avec la valeur du rapport entre la quantité de vapeur d'eau qui existe dans un volume donné d'air au moment de l'observation (quantité actuelle) et la quantité qui existerait dans le même volume si l'air était saturé à la même température.

On peut remplacer le rapport des poids par le rapport entre la tension actuelle et la tension maxima correspondant à la même température, car on peut con-

sidérer la température comme obéissant à la loi de Mariotte dans les conditions de ces expériences: les poids de volumes égaux d'un gaz ou d'une vapeur sont proportionnels aux pressions correspondantes.

Si donc on appelle e l'état hygrométrique, f la tension actuelle et F la pression maxima à la même température, on a, par définition:

$$e = \frac{f}{F}$$

si l'on connaît l'état hygrométrique e d'une masse d'air et t sa température on pourra évaluer la tension actuelle de la vapeur: les tables de tension maxima donnent en effet la valeur F de la tension maxima correspondant à la température t et l'on a dès lors:

$$f = e.F$$

Ces élémentaires principes de physique revus, nous allons étudier les différents procédés employés pour mesurer l'état hygrométrique de l'air.

Nous les indiquerons sommairement en nous arrêtant seulement aux appareils qui permettent d'effectuer cette opération rapidement et facilement.

PROCÉDÉS EMPLOYÉS ET APPAREILS

Les procédés employés sont les uns chimiques, les autres physiques.

La méthode chimique consiste à faire passer assez lentement un courant d'air sur des matières très avides d'eau potasse caustique, ponce sulfurique, chlorure de calcium fondu, etc. la vapeur sera retenue entièrement et l'air sortira complètement sec. Si l'on détermine le

volume de l'air qui a pénétré dans l'appareil et si, d'autre part, on évalue l'augmentation de poids du tube desséchant qui fait connaître le poids de la vapeur d'eau qui était contenue dans l'air, on aura les éléments propres à déterminer la tension actuelle f et par suite l'état hygrométrique. Cette méthode est susceptible de donner des résultats précis, mais elle est longue et exige une installation complexe. Elle est inutilisée pratiquement.

Parmi les appareils de physiques employés, nous avons à rappeler l'hygromètre à cheveu de Saussure. Cet appareil repose sur le principe que certaines substances subissent des modifications de longueur sous l'influence des variations d'humidité. Mais il n'est pas précis.

Il existe un appareil construit d'après les mêmes principes d'absorption et qui est actuellement d'un usage courant. C'est l'hygromètre enregistreur de Richard. La substance qui subit les variations est une lamelle mince de corne brute de bœuf. Ces variations amplifiées par un levier s'inscrivent sur un cylindre tournant.

Cet appareil est d'une précision suffisante et surtout intéressant du fait de l'enregistrement continu des observations.

Il y a ensuite les hygromètres à condensation dont voici le principe: on refroidit lentement une surface polie placée dans l'air à la température T , lorsqu'elle sera arrivée à une certaine température t , elle se recouvrira d'une mince couche de liquide.

La connaissance des deux températures t et T , permet de déterminer l'état hygrométrique de l'air.

En effet on peut admettre que la mince couche d'air

qui est en contact de la lame métallique est à la même température que celle-ci; si donc elle laisse déposer de l'eau liquide à la température t c'est qu'elle est saturée. La pression actuelle de la vapeur se trouve donc être saturante à la température t , et réciproquement la connaissance de la température t à laquelle la tension actuelle est saturante permet à l'aide de la table des tensions maxima de déterminer la valeur f de cette tension actuelle. La même table donne la valeur F de la tension qui serait saturante à la température T , par

définition on a: $e = \frac{f}{F}$

Les divers modèles d'hygromètre à condensation diffèrent par la manière dont on produit le refroidissement graduel de la surface à refroidir; et, d'autre part, par les moyens employés pour percevoir avec netteté la première couche de liquide qui apparaît (Point de rosée).

Parmi les hygromètres à condensation, retenons trois appareils: celui de Daniell, de Regnault et d'Alluard. Ce dernier est le plus commode et le plus précis, mais il demande un certain doigté dans sa manipulation.

L'appareil le plus simple, donnant dans la pratique des résultats très satisfaisants est, le Psychromètre.

Cet appareil est basé sur la variation d'évaporation avec la tension de vapeur qui existe dans l'air ambiant.

Le refroidissement produit par évaporation se trouve donc ainsi lié à la tension actuelle de vapeur.

Le psychromètre se compose de deux thermomètres placés à côté l'un de l'autre. Le premier A, que nous appellerons thermomètre sec, donne la température ambiante t ; le réservoir du second B, que nous appelle-

rons thermomètre humide, est recouvert d'une mèche constamment humectée. Il se produit une évaporation qui amène un refroidissement du thermomètre B; celui-ci indique une température t' inférieure à t . Une formule permet de déduire la tension actuelle f de ces données et de la tension H .

$$f = F - A (t-t') H$$

A est un coefficient numérique qu'il faut déterminer directement pour chaque appareil. Mais en général, on se contente de faire usage d'une table dressée pour l'appareil, table que l'on a remplacée dans certains cas par des graphiques.

Il existe un appareil dérivé du psychromètre, qui est le « Psychromètre fronde ». Cet appareil est constitué par une partie mobile tournant autour d'un axe situé à l'une de ses extrémités et sur laquelle sont montés les deux thermomètres. L'axe est muni d'une poignée. La partie mobile est en ébonite. Les deux thermomètres sont placés perpendiculairement à l'axe, leur cuve à mercure étant située à l'extrémité opposée à cet axe. Un petit réservoir à eau alimente la mèche du thermomètre humide. En prenant l'appareil par cette poignée, on lui imprime un mouvement de rotation qui favorise l'évaporation de l'eau de la mèche et permet d'obtenir des lectures rapides et exactes.

Enfin signalons pour terminer cette énumération, le « Kata-Thermometer », appareil assez imprécis qui peut mesurer l'humidité de l'atmosphère, le degré d'évaporation et donner une appréciation du degré de bien-être de la pièce dans laquelle l'observation est faite.

De tous ces appareils nous n'en retiendrons que deux ; le psychromètre et le Psychromètre fronde. C'est de ce dernier que nous parlerons lorsque nous ferons des mesures de l'humidité de l'atmosphère.

Maintenant que nous savons ce qu'est l'humidité atmosphérique et que nous connaissons le moyen d'en mesurer le degré, voyons comment le chauffage peut modifier le taux de l'humidité de l'atmosphère de nos habitations.

CHAPITRE II

L'AIR DES HABITATIONS CHAUFFÉES

Le chauffage

Aux époques primitives, les hommes vivaient sans habitation. Ils brûlaient pour se chauffer des arbres abattus et grossièrement débités, ils se réunissaient autour et s'en servaient pour s'éclairer.

De là lorsqu'ils eurent des habitations, il n'y avait qu'un pas pour réaliser le chauffage par le même procédé. Ils furent obligés pour dissiper la fumée de pratiquer une ouverture dans le toit de leur hutte.

Chez les Romains les habitations étaient chauffées par le sol dans l'intérieur duquel se trouvaient des tuyaux en briques traversés par la fumée d'un foyer placé en contre bas. Les fumées passaient également par des tuyaux placés dans les murs, et l'appareil entier s'appelait Hypocaustum. On a trouvé que du temps de Sénèque, on construisait de la même façon des tuyaux à air chaud pour les étages supérieurs. Mais ce procédé de chauffage n'utilisait qu'une faible portion calorique.

C'est en 1347 que l'on place dans l'histoire l'apparition des cheminées. Une inscription trouvée à Venise en fait foi. D'après Péclet les premiers ramoneurs

étaient des Savoyards et des Piémontais; ce qui semble indiquer que les cheminées ont été inventées dans ces contrées.

Après ce bref aperçu historique, arrivons au chauffage tel qu'il est employé de nos jours.

Et tout d'abord voyons quelles sont les conditions que doit remplir ce chauffage pour rendre nos intérieurs confortables et sains.

Un système de chauffage bien conçu doit :

1^o Dégager une quantité de chaleur variable à volonté, de manière à entretenir une température constante malgré les influences saisonnières.

2^o Fonctionner automatiquement, malgré l'absence ou la négligence des personnes qui doivent surveiller les appareils.

3^o Ne pas laisser pénétrer dans l'atmosphère respirable des gaz nocifs.

4^o Maintenir l'atmosphère à un degré hygrométrique qui donne une sensation de bien-être et qui conserve à l'air ses propriétés bienfaisantes.

Ces principes énoncés, nous allons énumérer assez rapidement les moyens et les appareils de chauffage dont se servent nos contemporains.

La cheminée au feu de bois, de tourbe, de tannée, de charbon de bois, de lignite, a conservé ses fidèles. Leurs douces manies est de tisonner et ils disent avec le poète :

« Combien le feu tient douce compagnie. »

Mais que ce soient des cheminées ordinaires, des cheminées avec bouches de chaleur, des cheminées à la

prussienne, les cheminées ont surtout des inconvénients, et peu d'avantages.

Leurs inconvénients sont les suivants:

1^o Utilisation d'une fraction minime du calorique développé (6 0/0).

2^o Fonctionnement inconstant, donc surveillance continue.

3^o Chauffage par rayonnement.

4^o Ventilation énergique déterminant un refroidissement lorsque le feu est éteint.

Leurs avantages?

Un seul.

Modification insignifiante de la qualité de l'air, précisément parce que ces cheminées ne chauffent pas.

Et nous arrivons au poêles.

Les poêles sont des appareils où la combustion se produit dans une capacité close. Ils sont en tôle, en fonte, en briques réfractaires à combustion normale ou à combustion lente. Leur principe de fonctionnement est le suivant: le combustible repose sur une grille en fer, par les interstices de laquelle arrive l'air nécessaire au tirage. Celui-ci se règle par une clé montée sur le tuyau d'échappement des gaz ou mieux par une porte à coulisse montée sur le tiroir du cendrier. Ils utilisent soit le bois, soit le charbon.

Résumons les inconvénients et les avantages de ce mode de chauffage.

Inconvénients:

1^o Ces appareils demandent une surveillance.

2^o Ils peuvent dégager des gaz nocifs (asphyxie par le CO).

3^o Ils ne chauffent en général qu'une pièce.

4° Ils diminuent notablement le degré hygrométrique de l'air.

Avantage:

Ils permettent un chauffage rapide et assez constant.

Nous pourrions ranger à côté de ces catégories d'appareils les radiateurs à gaz (gaz d'éclairage, de pétrole, d'essence, etc.) et les radiateurs électriques. Les radiateurs à gaz donnent une chaleur par rayonnement, à l'aide d'un manchon situé au centre d'un réflecteur parabolique. Dans les radiateurs électriques le manchon est remplacé par une résistance. Il y a également des poêles à pétrole où la combustion se fait au niveau d'une mèche, et des radiateurs à gaz où le gaz vient chauffer des cylindres ou bougies de terre réfractaire.

Dans tous ces appareils les inconvénients sont:

Appareils à gaz:

Dégagement de gaz nocifs.

Appareils à gaz et appareils électriques:

1° Chauffage par rayonnement.

2° Chauffage d'une seule pièce.

3° Diminution du degré hygrométrique de l'air.

Avantage:

Chauffage réglable, peu de surveillance.

La dernière catégorie est celle qui nous intéresse le plus. Elle comprend les appareils appelés: calorifères. Dans ce mode de chauffage, le transport du calorique s'effectue en chauffant un gaz ou un liquide que l'on fait circuler à l'aide de tubes dans les locaux que l'on veut chauffer. Les gaz sont l'air ou la vapeur d'eau; le liquide, l'eau. D'où des calorifères à air, à vapeur et à eau. Ces appareils possèdent surtout des avantages.

1° L'appareil à combustion est loin des locaux à

chauffer et sans communication avec eux: donc, pas de dégagement de gaz nocifs.

2° Un seul foyer permet de chauffer plusieurs pièces.

3° Ce système exige peu de surveillance.

4° La température est réglable à volonté.

Un seul inconvénient:

Une diminution considérable du degré hygrométrique de l'air.

Dans les salles de grandes dimensions, les salles publiques et les locaux industriels, les ingénieurs ont été amenés à utiliser ce mode de chauffage d'une façon particulière. Si des radiateurs étaient placés au niveau du sol, l'air chaud monterait directement au plafond. Il en résulterait une inégalité considérable des températures en hauteur, la zone utile étant la plus froide. Pour éviter ces inconvénients, on a créé des aérothermes. Ces appareils distribuent l'air chaud à une certaine vitesse, l'obligeant à se mélanger à l'air ambiant.

Un chauffage par « pulsion » d'air, aérotherme ou air chaud produit par batterie ou calorifère central et distribué par des gaines doit satisfaire aux conditions suivantes:

1° Apporter dans le voisinage des parois verticales les quantités de chaleur nécessaires pour compenser les déperditions dans les parois.

2° Réchauffer l'air froid qui entre par les ouvertures ou interstices inférieurs du bâtiment.

3° Répartir sur la surface du local les calories nécessaires pour lutter contre le refroidissement de la toiture et des murs.

Depuis quelques années ce mode de chauffage a pris une grande extension. Il existe une grande variété d'appareils. On leur demande surtout une bonne répartition des températures, or cette répartition dépend de trois facteurs :

- 1° La température de l'air projeté.
- 2° La vitesse de projection.
- 3° La forme et la dimension de l'ajutage d'émission.

Ces appareils utilisent comme source de chaleur, de l'air chaud, de la vapeur, de l'eau chaude. Le chauffage à l'eau chaude a l'avantage de permettre une utilisation des quantités de chaleur récupérées pendant une période où elles ne sont pas utilisables.

Un ventilateur pousse l'air pris au dehors sur les éléments de chauffe à une vitesse qui est fonction de la rotation de son moteur.

Ce mode de chauffage a les mêmes avantages que ceux que nous avons énumérés pour le chauffage par calorifères, mais de plus il permet la projection de l'air chaud dans une zone déterminée et le mélange constant de l'air, ainsi plus de zone froide dans la partie inférieure du local.

Un seul inconvénient :

Diminution de l'humidité de l'air par suite de son passage sur la batterie de chauffe.

Ainsi nous sommes arrivés en passant en revue les divers moyens de chauffage à trouver les appareils qui réalisent les conditions idéales que nous avons posées en principe, moins une.

Il manque toujours :

Le maintien de l'humidité de l'atmosphère à un taux nous donnant une sensation de bien-être et conservant à l'air ses propriétés bienfaisantes.

L'ACTION DE L'AIR CHAUD SUR LES INDIVIDUS

Les conditions atmosphériques que nous réalisons artificiellement en nous chauffant sont le plus souvent déplorables. Elles nous donnent peut être une sensation de confort, mais sont contraires à celles que fait la nature et que nous devrions chercher à réaliser.

En hiver (les 2/3 de l'année chez nous), nous nous chauffons sans nous inquiéter des qualités de l'air que nous créons, sans l'humidifier surtout. En été nous vivons dans des maisons mal ventilées. L'air y est chaud, les vêtements que nous portons sont le plus souvent également chauds. Avons-nous songé à modifier ces conditions d'existence?

Il est étonnant de voir que la masse des gens se préoccupent peu de ces questions. Cependant l'air chaud qui n'a pas un degré suffisant d'humidification a, au point de vue de l'hygiène, de gros inconvénients.

Ces inconvénients sont, pour le corps humain, de deux sortes:

a) D'ordre intrinsèque, tenant aux modifications physio-pathologiques;

b) D'ordre extrinsèque, relatifs aux poussières et aux germes.

I. — Examinons tout d'abord quels sont les inconvénients d'ordre physio-pathologique:

L'air sous l'action d'un chauffage intense voit rapidement diminuer son degré d'humidification. Or, on constate que plus l'atmosphère s'assèche, plus il devient avide d'humidité et que tous les êtres et toutes les choses

susceptibles de lui en fournir sont sollicités et qu'ils lui en fournissent jusqu'à leur assèchement complet. Ceci explique facilement les phénomènes d'évaporation excessive que l'organisme humain éprouve lorsqu'il séjourne dans les lieux chauffés. L'évaporation se fait par la peau, la trachée, les bronches. La peau en sécrétant une sueur trop abondante, subit des modifications trophiques, par suite la sécrétion des urines diminue, amenant de l'oligurie et dans certains cas, de l'anurie.

La respiration devient difficile; on constate de la dyspnée, les muqueuses de la trachée des bronches, de la bouche, du larynx, du nez s'assèchent, provoquant des phénomènes d'irritation et une toux difficile à calmer. Puis d'une façon progressive, s'installe une congestion des poumons, s'accompagnant d'une sensation de pesanteur, de barre au creux épigastrique.

L'appareil circulatoire est également fortement incommodé. D'où des céphalées avec troubles de vasodilatation. La face se congestionne, les yeux deviennent brillants, s'injectent, les artères temporales battent avec force. Les malades se plaignent de pesanteur de la tête, de douleurs névralgiques, de migraines, d'étourdissement. Ces symptômes sont aggravés chez les personnes de tempérament apoplectique. Quelquefois surviennent des frissons de fièvre, une perte de l'appétit, du sommeil, de l'amaigrissement.

Mais ce qu'il ne faut pas oublier c'est que l'être humain, pendant qu'il respire dans un local où l'air est privé d'humidité, consomme moins d'oxygène, dégage moins d'acide carbonique: et ainsi les phénomènes d'oxydation et de combustion se trouvent altérés à un tel point que l'organisme humain tombe dans un état d'affaiblissement, de mollesse, d'apathie parfois inquié-

tant. Ce danger est surtout grand au cours du sommeil. En effet, les expériences de physiologie montrent que nous consommons, en dormant 464 gr. d'O₂ par heure, tandis que dans la journée, nous en consommons seulement 234 grammes. Tous les troubles que nous venons de signaler, apparaissent lorsque le corps humain est en parfait état, à plus forte raison peuvent-ils avoir de graves conséquences chez les malades. Cependant comme l'a écrit le docteur Singer « le danger fondamental auquel l'organisme humain est exposé par suite de l'action propre du chauffage dépend avant tout de dispersion ou déperdition de ses calories provoqués par la sécheresse de l'air ambiant. »

Ce phénomène de l'évaporation animale est un moyen naturel et nécessaire pour que s'accomplisse la dispersion de la chaleur dans l'organisme. Mais la sécheresse de l'air renforce cette propriété à un degré anormal, tel que l'organisme, même entouré d'air chaud, est obligé de céder ses calories de réserve. Cette perte de calories augmente en raison directe de l'élévation de la chaleur dégagée par les appareils de chauffage. Nous voyons ainsi que notre organisme se trouve admirablement préparé pour les microbes contre lesquels il ne pourra réagir que peu ou même pas du tout. De plus, cette apathie est non seulement physique, mais aussi intellectuelle, et l'individu placé dans une telle atmosphère ne pourra accomplir un travail cérébral qu'avec beaucoup de peine.

II. — D'autre part, la sécheresse de l'air favorise la pulvérisation des matières organiques, par conséquent l'augmentation des poussières et une diffusion plus grande des germes qui y sont mélangés et par cela, des

maladies. Regardons au-dessus d'un radiateur qui a chauffé pendant un temps prolongé, le mur et les objets qui l'entourent, sont de ce fait souillés de poussières. Enfin l'air sec produit des dégâts sur les meubles, ceux-ci se fendillent, se déforment, sur les objets en cuir, en caoutchouc qui se craquellent, et les tissus qui deviennent rêches.

Toutes ces considérations ont amené à rechercher les conditions idéales atmosphériques que nous devons réaliser dans les intérieurs.

CHAPITRE III

RECHERCHES DES CONDITIONS IDÉALES ATMOSPHÉRIQUES

Des recherches nombreuses ont été faites ces dernières années en particulier en Amérique dans le Laboratoire des Recherches de la Société Américaine de Chauffage et de Ventilation en collaboration avec le Bureau de la Station Expérimentale des Mines de Pittsburg. F.-P. Anderson et F.-C. Houghten ont fait de nombreuses communications. Nous allons simplement donner un aperçu de leurs travaux et surtout de leurs résultats.

Les observations ont été faites de la manière la plus rigoureuse dans des « chambres d'épreuve » soigneusement isolées, munies d'une installation d'air conditionné (Système Carrier). A l'aide d'appareils sensibles, ils ont étudié la température du corps, le pouls, la respiration et le métabolisme en général.

L'air des chambres était analysé très souvent au point de vue O_2 et CO_2 et maintenu constamment à la normale, afin d'empêcher tout effet qui aurait pu être attribué à une variation de ces deux composants.

Les sujets utilisés pour ces tests étaient soigneuse-

ment sélectionnés et après chaque expérience laissés durant un temps convenable au repos dans un air normal.

Voici les résultats d'une première série d'expériences, faites dans l'air au repos:

1° Le corps humain au repos dans un air calme ne peut équilibrer les conditions atmosphériques d'un air saturé à la température de $+ 32^{\circ}\text{C}$.

2° Les effets physiologiques résultants d'une exposition à une forte température, et les différents degrés d'humidité sont subordonnés aux lectures faites sur le thermomètre sec et le thermomètre humide d'un psychromètre.

3° L'épuisement et la faiblesse survenants chez les individus soumis à une très forte température et à une très forte humidité pendant un temps court ne sont pas aussi marqués que chez ceux, qui sont soumis à une température et une humidité modérées pendant un temps prolongé.

4° Les plus fortes températures notées au thermomètre sec et au thermomètre humide et les temps pendant lesquels ces expériences ont été supportées, sont les suivants:

Ther. sec.	Ther. Humd.	Humidité relative	Minutes
$+ 44^{\circ}7$	$+ 44^{\circ}7$	100	35
$+ 40^{\circ}$	$+ 51^{\circ}$	60	40
$+ 42^{\circ},4$	$+ 63^{\circ}$	30	45
$+ 38^{\circ}$	$+ 69^{\circ}4$	15	45

Les températures sont lues à des thermomètres centigrades.

5° Le pouls mieux que la température du corps indique la sensation de malaise ressentie par le sujet. Les sujets sont très incommodés lorsque leur pouls dépasse 135 pulsations par minute et ils se plaignent de symptômes douloureux et insupportables lorsque le pouls dépasse 160 pulsations par minute.

Le pouls le plus rapide que l'on ait enregistré était de 184 par minute.

6° La tension maxima et la minima s'abaissent pour une légère augmentation de la température et de l'humidité; la maxima s'élève et la minima s'abaisse pour des températures et des humidités élevées.

7° La courbe de la température rectale observe un parallélisme très net avec la courbe de température de la chambre pour une humidité quelconque.

8° Le rythme respiratoire des sujets soumis à des hautes températures et de fortes humidités ne subit pas de variations notables.

9° La diminution de poids varie avec chaque individu. Cette diminution augmente avec la longueur d'exposition à de fortes températures.

10° L'hémoglobine du sang augmente proportionnellement à la perte du poids.

11° Un dosage du glucose dans le sang montre pour celui-ci des variations négligeables.

12° Il y a une augmentation du nombre des globules du sang, mais ceci n'est pas absolu.

13° La transpiration varie avec les conditions atmosphériques. Les pertes de substances du corps par la

sueur ne changent pas dans leurs proportions d'un individu à un autre.

14° L'analyse des urines montre l'absence d'albumine et de sucre. Mais son poids spécifique augmente.

15° La sueur est le principal facteur déterminant de l'irritation et de l'inflammation des yeux.

Cette série d'expériences fut suivie en 1924 par une nouvelle série faite, non plus comme la première dans l'air au repos, mais dans l'air en mouvement. Voici les conclusions auxquelles aboutirent ces chercheurs.

1° Le mouvement de l'air produit un effet rafraîchissant sur le corps humain dans les atmosphères où la température est inférieure à celle du corps; dans les atmosphères où la température est supérieure à celle du corps, le mouvement de l'air accroît la sensation de malaise; mais la valeur des variations des réactions ne peut être doublée, si l'on double la vitesse de l'air.

2° Il n'y a pas de variations appréciables, dans la succession des expériences faites dans l'air en mouvement et celles faites dans l'air au repos, au moment de la période d'endurance.

3° Le pouls apparaît comme le meilleur indicatif de la sensation de malaise.

4° La concordance entre la fréquence du pouls et la température n'est pas constante.

5° La tension artérielle maxima croît à de hautes températures tandis que la minima décroît.

6° Il y a vaso dilatation des vaisseaux périphériques pour une exposition à de hautes températures.

7° Le rythme respiratoire se ralentit et devient plus

profond si on passe d'une température chaude à une température plus froide.

8° La perte de poids, qui se rencontre après des expositions à de hautes températures n'est pas constante.

9° L'exposition à de hautes températures ne détermine pas d'albuminurie chez les sujets soumis à ces expériences.

Ils interprétèrent ces expériences et établirent que les éléments qui agissent sur le bien-être de l'homme sont surtout d'ordre physique. Ce sont: la température, l'état hygrométrique, la vitesse de l'air. Il y aurait lieu d'y ajouter les radiations caloriques et même lumineuses.

Mais si leurs études portèrent surtout sur la recherche du confort, il y a un point important qui doit être également considéré, c'est l'effet de l'air chaud sur la santé.

Les éléments qui paraissent agir ici sont surtout d'ordre chimique: acide carbonique, oxyde de carbone, gaz délétères, vapeurs nocives, odeurs, poussières minérales et organiques.

Voyons ces divers éléments physiques et chimiques.

L'interprétation des recherches américaines aboutit à l'établissement des données suivantes; que le bien-être et le confort sont le résultat des relations qu'ont entre eux les éléments suivants:

1° La température telle que nous la notons avec un thermomètre ordinaire.

2° L'état hygrométrique de l'air indiqué par le Psy-

chromètre fronde. (Les lectures étant faïles sur le thermomètre sec et sur le thermomètre humide).

3° La vitesse de l'air.

Sans nous être livrés à ces expériences, nous avons tous observés qu'aux températures élevées, entre $+ 18^{\circ}$ et $+ 30^{\circ}$ C, une température paraît d'autant plus élevée, que l'air est plus humide et qu'également pour une même température, nous avons moins chaud dans un fort courant d'air que si l'air était tranquille.

Le corps humain ne se comporte pas comme un thermomètre. Il ressent la chaleur et le froid comme un calorimètre suivant la quantité de chaleur, qu'il émet par sa surface. Or cette quantité est fonction non seulement de l'écart de température entre le corps et le milieu ambiant, mais également de l'état hygrométrique qui agit sur la transpiration et de la vitesse de l'air qui augmente la déperdition de chaleur.

Par leurs expériences, les américains ont montré que l'on peut trouver des températures, états hygrométriques et vitesses différents qui donnent une même sensation de température ressentie, ce qu'ils ont appelé « Egal Comfort ». Et ils ont donné à l'état correspondant le nom de « Température Effective ».

Ils ont tracé plusieurs courbes dont voici la plus intéressante (fig. 1). Nous avons sur cette figure les courbes de températures effectives pour un air en mouvement dont la vitesse est d'environ 1 mètre-minute.

Les températures portées en abscisses sont lues au thermomètre sec.

Le poids d'eau en grammes par mètres cube est porté en ordonnées.

Les courbes représentent les températures lues au

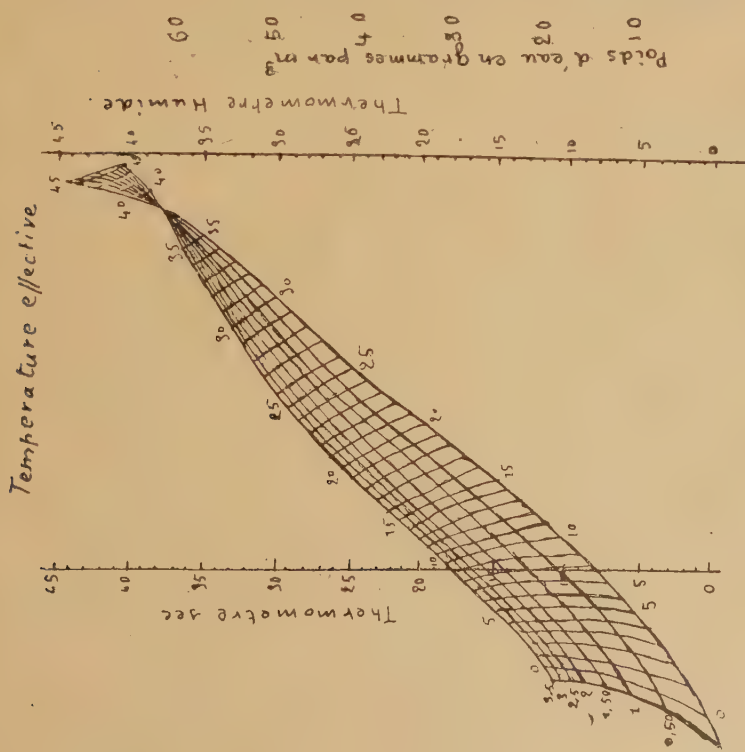


Figure 2.

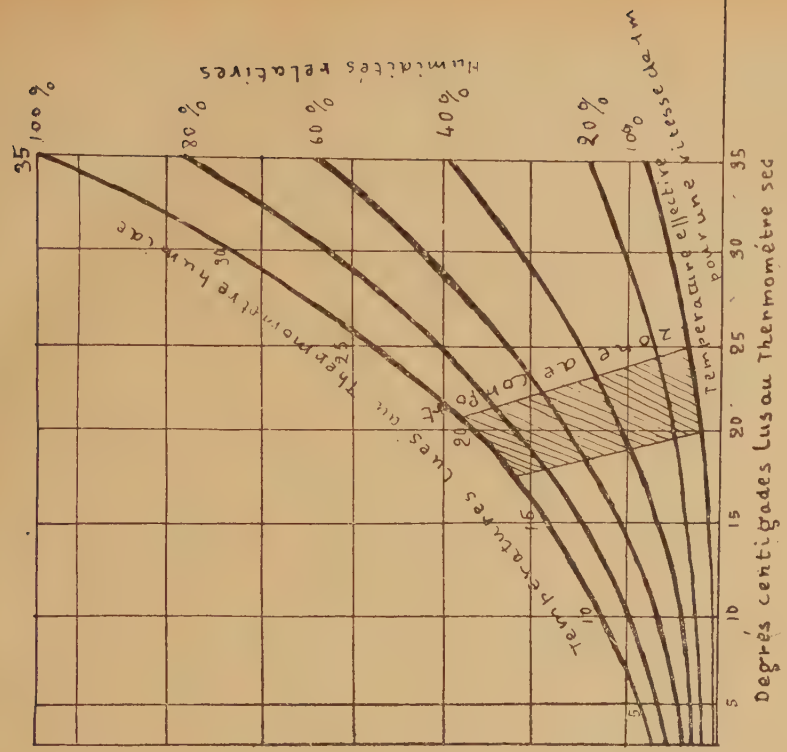


Figure 1.

thermomètre humide pour des humidités relatives de 10, 20, 40, 60, 80, 100 0/0 (Saturation).

Cette courbe permet, étant donnée une température prise au thermomètre sec, une température prise au thermomètre humide (définissant avec la précédente, l'état hygrométrique) de déterminer la température effective ressentie.

Le thermomètre sec indique, par exemple, une température T , le thermomètre humide, une température t . Joignons les deux points représentant ces températures sur la courbe. Cette ligne rencontre les courbes d'humidité relative en des points différents. Si nous abaissons des perpendiculaires de ces points sur la ligne des abscisses, nous obtenons les températures effectives en fonction des humidités relatives correspondantes.

D'autre part, si les vitesses varient, les températures effectives varient en fonction des vitesses. Sur la figure 2, nous pouvons lire la température au thermomètre sec, au thermomètre humide, et les températures en fonction des vitesses de l'air. Supposons que la température T_s soit de 30° au thermomètre sec, la température humide 20° , la droite qui joint ces deux points sur la figure 2, rencontre les lignes des températures effectives en différents points. Voulons-nous obtenir 24° de température effective? En lisant les courbes de vitesse de l'air nous voyons qu'il faudra réaliser la vitesse $V = 1$ m. par minute.

Après avoir fait passer de nombreux sujets dans les chambres d'épreuve, les Américains ont déterminé la température correspondant au maximum de confort. Ils ont établi ainsi une « Zone de Confort », en dehors de laquelle les éléments de température, degré hygrométrique et vitesse, déterminent des sensations de malaise.

Cette Zône est ombrée sur la figure 1.

En général, pour un homme au repos, la température effective est de $+ 17^{\circ}5$ C.

Pour un homme effectuant un travail léger: $16^{\circ}5$.

Pour un homme effectuant un travail lourd: 15° .

Dans ces résultats intervient le coefficient individuel bien que les résultats aient été établis en utilisant un grand nombre d'observateurs.

Le même observateur jugerait d'ailleurs différemment suivant qu'il est habitué à vivre dans des milieux à températures plus ou moins élevées; son organisme s'adaptera à ces températures et le régime habituel devient un besoin. Pour cette raison, les températures effectives de confort maximum seraient moins élevées pour un Français que pour un Américain.

Maintenant que nous avons vu les éléments physiques qui agissent sur notre bien-être, il nous reste à examiner les éléments chimiques.

Pour dire si une atmosphère est ou non de qualité convenable, il faut définir cette qualité.

Dans ce but, le Bureau des Recherches a adopté la méthode suivante étudiée et exposée par M. Vernon Hill. On considère chaque élément pouvant agir sur les qualités de l'atmosphère; suivant que cet élément s'éloigne plus ou moins des conditions idéales, on lui applique une pénalité. On additionne les pénalités correspondant aux différents éléments. La somme des pénalités ainsi obtenues définit la qualité d'une atmosphère. Les pénalités sont ainsi définies par les différents éléments agissant sur la qualité de l'atmosphère.

1^o Pénalité de 5 0/0 pour chaque degré de différence entre la température effective constatée et la température de confort maxima qui est de $+ 16^{\circ}$.

2° Pénalité de 1 0/0 pour 370 particules de poussières par m³, comptées avec un compteur spécial.

3° Pénalité de 1 0/0 pour dix colonies bactériennes apparaissant sur une plaque de 4 pouces carrés enduite d'agar agar, exposée à l'air pendant dix minutes et passée à l'étuve à 37° pendant 48 heures.

4° Pénalité de 0 à 30 0/0 pour les odeurs suivant leur intensité.

5° Pour l'acide carbonique une pénalité de 3 0/0 pour chaque 10/1.000^e de CO₂ contenu en plus de celui existant dans l'air extérieur.

Enfin on applique une pénalité de mauvaise répartition de ventilation, mesurée d'après les différents dosages CO₂ relevés d'après les prélèvements d'air faits en différents points du même local.

L'addition des pénalités donne la pénalité totale à appliquer à l'atmosphère considérée.

Le caractère arbitraire de ce mode d'appréciation donne une valeur évidemment relative aux conclusions qui en découlent.

L'AIR CONDITIONNÉ

L'ensemble de toutes ces considérations nous amène à définir les qualités que devra avoir l'air pour nous donner une sensation de bien-être et nous conserver une bonne santé.

On devra tenir compte des quatre facteurs suivants:

1° La température sèche indiquée par un thermomètre ordinaire. C'est une simple indication du degré ou de la rapidité de ce mouvement moléculaire que nous appelons chaleur.

2° L'humidité relative.

3° La pureté de l'air ou absence totale de poussière ou matières étrangères et septiques.

4° La vitesse ou mouvement de l'air qui produit ces effets du fait de sa régularité en fonction des facteurs énoncés précédemment.

Ceux-ci déterminent une nouvelle dénomination d'air : l'air conditionné. Tout système négligeant un seul de ces facteurs n'est pas un système d'air conditionné. Ainsi la seule notion de la température ne nous permet pas d'apprécier le degré de notre bien-être et les effets de l'air sur notre santé. L'air n'est pas seulement un véhicule d'oxygène, mais aussi de chaleur et d'humidité, et si nous voulons en profiter complètement pour notre bien-être et notre santé, nous devons cesser de penser en température et commencer à penser en air conditionné, c'est-à-dire :

1° température ;

2° humidité ;

3° pureté ;

4° mouvement.

Le quatuor indivisible de l'air conditionné.

Il y a un nouvel élément que les américains avaient négligé jusqu'ici, c'est la radiation. Il existe une dissociation entre l'échauffement de l'air et la température à une pression constante. Des recherches que nous avons faites sous les directives de M. le Pr Pech, nous ont montré que dans certaines conditions d'expériences et avec un appareillage approprié on arrive à avoir un échauffement de l'air à peu près constant pour des variations de températures très notables.

Prenons un exemple banal qui nous montre bien ce phénomène. Par un temps ensoleillé et calme, quoique la température à l'ombre soit inférieure à 0° , vous n'avez pas froid même sans être très couverts, et si vous avez encore froid, c'est que le soleil ne vous gratifie de sa chaleur que sur une face. Mettez-vous devant un miroir, un mur blanc ensoleillé, vous recevrez d'un côté la chaleur directe, de l'autre la chaleur réfléchie et la différence de sensation de chaleur sera diminuée.

Même assis et peu couverts, vous vous trouverez dans des conditions agréables bien que le thermomètre indique une température basse. C'est ainsi que nous pouvons apprécier empiriquement qu'il existe bien une dissociation entre l'échauffement de l'air et la température pour une pression atmosphérique donnée.

Ajoutons que cette dissociation est fonction de nombreux facteurs qui ont une influence considérable sur les qualités de l'air. L'absorption des rayons ultraviolets du spectre solaire varie avec la nature des matériaux qui entrent dans la composition des habitations. Plus ces rayons sont absorbés, plus les rayons caloriques sont mis en liberté, et plus l'échauffement de l'air est grand. Les U-V et les rayons caloriques ont en effet tendance à se neutraliser.

Ces modifications entraînent des variations du champ électrique de l'atmosphère. D'autre part, on note que le degré hygrométrique de l'air fait varier la conductibilité de l'atmosphère et par cela même, modifie la radiation.

Il y aura lieu lorsque cette question aura été mise au point définitivement, d'ajouter aux quatre facteurs qui définissent l'air conditionné, un cinquième: le degré d'ionisation de l'atmosphère.

Ceci nous paraît un point important, car il semble que ce soit là que résident les qualités vivifiantes de l'atmosphère.

L'action bienfaisante de l'air ionisé par les rayons solaires ou ultra-violets est manifeste. Sous l'influence de la radiation, la molécule d'air laisse échapper un électron négatif et le reste se transforme en ion positif. De son côté, l'électron négatif s'unissant à la molécule neutre de l'air forme un ion négatif.

En été, par temps clair et ensoleillé, la quantité d'ions est considérable; par temps brumeux, cette quantité diminue beaucoup et tombe à 0 par temps de brouillard.

Cette pratique de l'ionisation que nous utilisons sans le savoir en héliothérapie et dans les applications de l'ultra-violet, doit être méthodisée. Le degré élevé de l'ionisation de l'air exerce une influence salutaire sur l'organisme en excitant son activité vitale et en augmentant ses forces défensives.

Mais il reste à déterminer la dose d'ionisation et le sens positif ou négatif à appliquer à chaque cas.

Lorsque de nouvelles études et des progrès techniques auront été réalisés, nous pourrons donner à l'air une ionisation telle que nous en obtenions les effets bienfaisants maxima.

Maintenant que nous savons les qualités que doit avoir l'atmosphère, voyons ce qui a été réalisé pratiquement pour les obtenir.

CHAPITRE IV

LES MOYENS QUI PERMETTENT D'HUMIDIFIER L'ATMOSPHÈRE. LA CLIMATISATION

Pour que notre évaporation cutanée et pulmonaire se fasse dans des conditions normales de rapidité, nous devons comme nous venons de le voir, tenir compte du degré d'humidité relative de l'atmosphère dans lequel nous nous tenons.

Mais l'humidité relative est peu comprise de la plupart des gens. Et ceci explique l'usage si répandu des bouilloirs que l'on place sur les poêles et les radiateurs, pour évaporer de l'eau, en vue d'humidifier l'air. Ces appareils sont de simples récipients, contenant de l'eau.

Nous n'insisterons pas sur leurs formes, leurs capacités et leurs autres caractères. Ces appareils doivent autant que possible disparaître. Un simple calcul nous le prouvera.

Admettons, pour prendre un exemple, que l'air doit, pour réaliser des conditions de confort et de bien-être, renfermer les $\frac{3}{4}$ de l'eau nécessaire pour le saturer. Supposons en outre que la température extérieure est 0° et que grâce à un appareil de chauffage quelconque,

nous portons l'air extérieur qui entre dans la chambre à la température de $+ 15^{\circ}\text{C}$.

Pour faire nos calculs, nous allons nous servir du tableau synoptique suivant, qui indique, en grammes, le poids de vapeur d'eau contenu dans un mètre cube d'air à l'état de saturation :

<u>D</u>	<u>Gr</u>	<u>D</u>	<u>Gr</u>	<u>D</u>	<u>Gr</u>
— 10oC	2,156	+ 10oC	9,356	+ 30oC	30,078
— 5	3,238	+ 15	12,739	+ 35	39,286
0	4,868	+ 20	17,148	+ 40	50,672
+ 5oC	6,790	+ 25	22,830	+ 45	64,848

Il est clair que l'air froid en entrant dans l'appartement contient par mètre cube 4 gr. $868^{\circ} \times 3/4$ ou 3.651 grammes de vapeur d'eau

Ce mètre cube devrait, lorsqu'il a été porté à $+ 15^{\circ}\text{C}$, pour que son état hygrométrique ne changeât pas, contenir : $12,739 \times 3/4$ ou 9,179 gr. d'eau. La différence entre ces deux chiffres est la quantité d'eau qu'il faudrait vaporiser par mètre cube pour que les habitants de la salle chauffée restent dans les mêmes conditions hygrométriques. Cette quantité est égale à 5,528, ou pour une chambre d'appartement de 50 mètres cubes : 829 gr. 20. Si l'air de cette chambre est renouvelé trois fois par heure, on voit qu'il faudra vaporiser, pendant cet espace de temps plus de 2 litres 500 d'eau.

Or ces bouilloirs ont une capacité variant en général entre un demi-litre et un litre. On ne les remplit pas tous les jours. Par conséquent, l'air de la pièce sera sûrement insuffisamment humidifié.

D'autres appareils ont été construits. Leurs constructeurs ont cherché à augmenter la surface d'évaporation. Ils ont construit des appareils à grande surface éva-

poratoire pouvant s'adapter facilement sur les radiateurs. Ce sont des plaques capillaires en matière poreuse, fixées entre les éléments de radiateurs et dont une extrémité plonge dans un réservoir d'eau. Ces plaques par leur capillarité aspirent l'eau et du fait du voisinage du radiateur chaud la vaporisent par toute leur surface.

Ce procédé bien que meilleur que la bouilloire n'est pas à employer. En effet, ces plaques sont des nids à poussière et à microbes et d'autre part, l'humidification est inconstante.

Ces appareils comme les premiers ne nous donnent pas satisfaction.

M. P. Bellon dans une étude sur l'assainissement des théâtres (An. Hyg. Pub. 1929), nous fait la description d'un procédé de ventilation de l'air et d'humidification actuellement employé à l'Opéra de Marseille.

Ce dispositif fonctionne de la manière suivante:

L'air pris par l'aspiration d'un ventilateur arrive par une cheminée dans une chambre. Celle-ci comprend une capacité divisée par des briques dites « murettes d'angle » percées chacune de 32 trous. Sur des fers en T on dispose plusieurs de ces murettes de façon à offrir à l'air traversant les trous une grande surface de contact tout en réduisant le plus possible les résistances. Au-dessus de cet empilage de briques creuses, on place une batterie de pulvérisateurs d'eau, du genre des pulvérisateurs des vignes alimentés par de l'eau sous pression de 5 à 6 kilos. Ces pulvérisateurs peuvent vaporiser environ 4/100 de la quantité d'eau qu'ils utilisent. Ce procédé réalise déjà un grand progrès. L'air se trouve nettoyé et humidifié. Mais cependant, il ne pos-

sède pas un système permettant d'obtenir une humidification variable; et ainsi il est encore empirique.

Ceci nous amène à considérer des procédés plus modernes. Dans un article paru dans les Annales de l'Hygiène d'Avril 1930, le docteur Singer nous fait la description d'un nouveau procédé de l'évaporation de l'eau. Voici ce qu'il écrit:

« Les caractéristiques fondamentales du nouvel appareil d'humidification résident dans ce fait que son fonctionnement est automatique, l'évaporation étant plus ou moins active, suivant les besoins et indépendamment des réglages en cours de fonctionnement.

Dans le cas d'application du nouvel appareil aux radiateurs fonctionnant à l'eau chaude ou à vapeur, le fait significatif est qu'il est mis en communication directe avec la circulation du véhicule d'eau ou de vapeur du radiateur, et qu'il se sert de cette eau comme agent d'évaporation.

Si l'appareil de chauffage est d'un type différent, il y aura lieu d'avoir recours, comme agent d'évaporation, à l'eau d'une réserve auxiliaire, cette eau étant amenée et maintenue à la température de l'appareil de chauffage par des dispositifs appropriés.

.....

Ce nouvel appareil est constitué par deux éléments métalliques unis par un raccord, à savoir:

Au point de vue constitutif. — 1^o une petite cuvette où l'eau, par un flotteur actionnant une soupape d'interruption, est maintenue dans des conditions telles qu'elle peut assurer une alimentation constante au conduit d'évaporation;

2° un tube ou conduit horizontal comportant une ouverture supérieure destinée à contenir l'eau à évaporer.

Ce tube, dans le cas d'application de l'appareil aux radiateurs modernes, devra avoir la même longueur du radiateur en plan horizontal.

L'appareil est mis en communication avec le radiateur par le raccord, qui sera fixé au bouchon supérieur du radiateur pour les installations de chauffage à eau chaude et au bouchon inférieur pour celles de chauffage à vapeur.

Le robinet de fermeture qui servira comme réducteur de pression est muni d'un filtre.

Au point de vue fonctionnel. — L'eau venant du radiateur, en traversant le robinet, vient de perdre sa pression et pénètre dans le conduit qui sert aussi de soutien à la cuvette de l'appareil. Ce conduit est en communication avec une soupape actionnée par le flotteur.

La chambre étant vide avant la mise en fonctionnement, le flotteur repose au fond de ladite cuvette et la soupape fait ouverture. L'eau pénètre alors dans la chambre.

Lorsqu'une quantité d'eau suffisante a pénétré dans la chambre, elle passe tout de suite dans le conduit dont le rôle fonctionnel avec la cuvette rappelle le principe des vases communicants et alors le flotteur se soulève et par une tige ferme la soupape, interrompant l'arrivée d'eau dans ladite cuvette.

A mesure que l'évaporation se produit, le niveau de l'eau dans le conduit et dans la cuvette s'abaisse simultanément, ainsi que le flotteur lui-même et de telle façon qu'une nouvelle quantité d'eau pourra pénétrer dans

la cuvette et dans la conduite en ramenant toujours le niveau à la même constante.

Comme il est aisé de le constater, le nouvel appareil est susceptible d'un fonctionnement très simple et très pratique. Contrairement à tous les procédés courants d'humidification des locaux, envisagés jusqu'à ce jour, l'appareil en question a la propriété de pouvoir garantir et assurer finalement et méthodiquement l'état hygrométrique de l'air des lieux d'habitations soumis aux chauffages de toutes sortes.

En effet le pouvoir d'humidification du nouvel appareil sera plus ou moins actif en fonction de la sécheresse provoquée par le chauffage; c'est-à-dire, plus l'appareil de chauffage dégagera de la chaleur en desséchant l'air, plus l'évaporation sera active et vice-versa; car le nouvel appareil dans le cas d'application au chauffage central, évapore l'eau du radiateur en fonction du degré de sa température et dans le cas d'application à d'autres types d'appareils de chauffage son fonctionnement se trouve encore réglé par la quantité de chaleur dégagée.

Enfin le nouvel appareil, par la forme de son dispositif et par son mode d'installation, offre encore la propriété de pouvoir désinfecter, assainir, ou parfumer l'air ambiant. De ce fait, il est facile de réaliser cette qualité en versant dans le conduit d'évaporation des liquides antiseptiques, parfums ou substances odoriférantes appropriées. »

A côté de cette méthode simple et pratique pour l'habitation, d'autres procédés sont employés pour obtenir l'humidification de l'air.

Dans le service de l'hôpital St-Louis aménagé par le Pr J. Renault et actuellement dirigé par le Dr Babonneix

l'appareil employé pour le conditionnement de l'air est muni d'un dispositif permettant l'humidification de l'air au cours de son traitement.

L'air passe au-dessus d'une nappe d'eau. L'évaporation de celle-ci est produite par un serpentin de vapeur à basse pression.

La quantité d'eau évaporée varie avec l'étendue de la surface de chauffe mise en contact avec le liquide. Une manette du tableau de commande permet de l'intérieur de la salle de faire varier cette surface et par conséquent de modifier à volonté le degré hygrométrique de l'air.

Ce procédé a le seul inconvénient de n'être pas automatique.

Il existe actuellement dans le commerce des appareils extrêmement précis et automatiques qui nous semblent être les meilleurs. Les uns fonctionnent électriquement, les autres à l'aide de l'air comprimé ou de l'eau sous pression.

Ils sont composés de deux parties distinctes :

1° Un appareil de commande.

2° Un appareil d'humidification proprement dit.

L'appareil de commande agit par un levier, fait d'une substance très avide d'humidité et subissant de ce fait des modifications de forme, de courbure en particulier. C'est cette modification de courbure qui est utilisée pour établir un contact ou ouvrir et fermer un ajutage.

L'appareil est établi de façon à ce que, lorsque l'air est très sec, le contact ait lieu de telle manière que l'humidificateur fonctionne au maximum. D'autre part, le levier peut être réglé de telle sorte qu'il donne des humidités variables au gré de l'usager.

Il y a lieu de faire une distinction entre les appareils électriques et les appareils fonctionnant à l'aide de l'air comprimé ou de l'eau sous pression. Dans les premiers, la commande du relai électrique faisant fonctionner l'humidificateur se fait brutalement. En effet, l'air se dessèche-t-il, le levier en se desséchant modifie sa forme et vient à un moment donné fermer un circuit de commande de l'humidificateur. Celui-ci fonctionne. L'air s'humidifie, le levier absorbe l'humidité et se déforme et le circuit est coupé. L'humidificateur ne fonctionne plus. Ainsi où il y a contact ou il n'y a pas contact, et de ce fait l'humidificateur marche ou ne marche pas. Il y a là un léger inconvénient puisque il y a constamment des variations d'humidité. En réalité, ces variations sont peu sensibles.

Les appareils à air et à eau fonctionnent de la manière suivante.

Le levier commande l'ouverture ou la fermeture d'une canalisation d'air ou d'eau sous pression. Comme les modifications de courbure se font progressivement, l'ouverture et la fermeture se font également progressivement.

Cette canalisation aboutit à une membrane élastique qui commande par un jeu de clapets l'ouverture ou la fermeture des vaporisateurs.

Si l'humidité de l'air décroît, le levier modifie sa position et ouvre progressivement la canalisation. L'air ou l'eau sous pression vient modifier la membrane élastique avec une force proportionnelle à l'ouverture de la canalisation et ainsi progressivement les vaporisateurs fonctionnent. L'eau ou l'air s'échappent par l'extrémité de leur canalisation.

La seconde partie de l'appareil est l'humidificateur.

Il est composé d'un réservoir d'eau sous pression. (Pression de la canalisation de la ville ou pression obtenue à l'aide de l'air comprimé). Ce réservoir est muni de vaporisateurs dont le débit est réglable.

Ces appareils sont très sensibles, très fidèles et se règlent une fois pour toutes.

Notons en passant que l'on peut remplacer dans les appareils de commande le levier dont la substance se modifie à l'humidité par un autre levier dont la substance se modifie à la chaleur et nous avons ainsi un appareil nous permettant de régler le chauffage des radiateurs automatiquement.

En faisant fonctionner simultanément ces deux appareils, nous pouvons obtenir la chaleur et l'humidité que nous désirons.

Mais n'oublions pas les autres facteurs de l'air conditionné. Si nous nous contentons de chauffer et d'humidifier l'air, nous aboutirons à l'air confiné. Il faut associer au chauffage et à l'humidification la ventilation (par aspiration de l'air vicié et pulsion d'air neuf), et la désinfection et le filtrage de l'air, en attendant d'y ajouter l'ionisation.

Ainsi se trouvera réalisée l'ingénieuse technique qui permet de maintenir l'atmosphère d'un local sous l'influence d'une ambiance constamment renouvelée et qui ne soit à la fois ni froide ni trop chaude, ni sèche à l'excès, ni trop humide en dépit de toutes les variations climatiques extérieures.

C'est la climatisation.

La climatisation vient en quelque sorte de naître et surtout de se faire connaître. Ce sont les salles de spectacles, les cafés qui ont montré le chemin et qui, actuellement, possèdent les plus belles installations. Quelques

hôpitaux en sont munis, mais ils sont rares tant en France qu'à l'étranger. Dans les usines de textiles, surtout en Angleterre, les installations d'humidification fonctionnent depuis de nombreuses années et ont favorisé le développement de cette industrie. Mais dans les habitations cette pratique n'existe guère.

Comment doit être faite une bonne installation de climatisation ?

Une installation idéale devra être munie des appareils suivants :

1^o Chauffage ou réfrigération par batteries, à réglage automatique.

2^o Pulsion de l'air extérieur sur ces batteries après passage sur un filtre.

3^o Aspiration de l'air vicié synchrone de la « pulsion ».

4^o Humidification à réglage automatique (l'eau pourra contenir un désinfectant).

Il est de l'intérêt de tous que ces installations se répandent rapidement dans les lieux publics, les usines, les habitations et surtout dans les écoles, les crèches, les hôpitaux, les cliniques et les pouponnières.

Dans les écoles, c'est le meilleur moyen pour lutter contre toutes les épidémies hivernales qui se répètent chaque année et qui sévissent avec tant de gravité. Cela permet également une augmentation de confort de l'élève, qui influera heureusement sur son travail. La chaleur, l'incommodité, l'air sec et vicié, l'intoxication, il bâille, somnole et ne travaille pas. Au contraire, dans une atmosphère conditionnée, l'élève est plus attentif, il travaille mieux et se porte très bien.

Dans les hôpitaux. — Nous avons, ici, à Paris, une expérience très intéressante ; l'installation de la clima-

tisation dans le service de M. le Dr J. Renault à l'hôpital St-Louis. Dans un article paru dans le *Nourrisson* de mars 1931, l'auteur nous fait part des résultats obtenus. Voici ce qu'il écrit :

« Dans les modifications que j'ai apportées à l'hygiène de cette crèche, je me suis préoccupé tout d'abord d'en assurer la ventilation permanente par renouvellement de l'air à raison de trois fois le cube par heure, ce qui, de l'avis de tous, est la condition nécessaire pour maintenir la composition de l'air intérieur très approximativement semblable à celle de l'air extérieur.

La forte élévation de température est une condition primordiale de la production du coup de chaleur.

Au point de vue physiologique : l'impression que l'on éprouve en entrant dans la salle ne rappelle en rien celle que l'on ressent en entrant dans une crèche occupée par 14 enfants et 2 infirmières ; on ne perçoit aucune odeur, l'air est léger et frais à respirer comme celui de l'extérieur : on éprouve une sensation agréable de tiédeur en hiver et de fraîcheur en été ; les enfants n'ont pas en hiver les mains et la figure froides et se passent de boules chaudes dans leur lit : pendant les fortes chaleurs, au lieu d'être congestionnés, couverts de sueurs, agités, ils sont roses, calmes et paraissent tout à fait à l'aise.

Les ingénieurs étaient préoccupés des inconvénients que pourraient présenter pour les infirmières l'entrée et le séjour dans une salle dont la température en été est inférieure de 8° à 10° avec celle de l'extérieur : L'installation de la Crèche nous a permis de nous rendre compte que ces inconvénients, incontestables s'il s'agit de caves, de sous-sols ou de rez-de-chaussée mal aérés, n'existent pas s'il s'agit de salles bien ventilées :

les infirmières de la crèche n'étant pas incommodées par la chaleur sont, en quittant le service, moins fatiguées que leurs collègues des salles voisines; celles-ci d'ailleurs leur demandent la permission de venir se reposer auprès d'elle.

Au point de vue pathologique: les coryzas, bronchites, broncho-pneumonies sont rares en hiver, le coup de chaleur ne s'observe plus. En, été, en toutes saisons grâce à la pureté de l'air, à la constance de sa température et de son état hygrométrique, les enfants légèrement débiles et les convalescents retrouvent leur appétit au lieu de le perdre comme cela s'observe en général sous l'influence du séjour prolongé à l'hôpital, leurs échanges se font mieux, leurs poids progressent autant que leur état antérieur souvent déficient permet de l'espérer.

La mortalité dans la crèche de cet hôpital variait autrefois de 39 à 43 p. 100, depuis huit ans que fonctionne l'installation hygiénique nouvelle, elle oscille entre 30 et 33 p. 100.

Je suis convaincu qu'une semblable installation rendrait les plus grands services dans les garderies et les pouponnières, où l'air en hiver est forcément confiné et où en été, il est difficile de défendre les bébés contre les coups de chaleur. Je suis convaincu qu'elle rendrait les plus grands services dans les salles de médecine, de chirurgie, de tuberculeux où les malades condamnés au lit, privés d'air pur, luttent si difficilement contre la maladie et s'étiolent pendant la convalescence. J'estime qu'en dehors des hôpitaux, elle est nécessaire dans les salles de réunion, les théâtres, où, après un quart d'heure de séjour, les occupants respirent un air confiné devenu irrespirable en moins d'une heure. »

CONCLUSIONS

L'importance de l'humidification de l'air dans les habitations est encore trop méconnue.

Il est nécessaire d'humidifier l'air:

1^o Pour empêcher une dispersion anormale des calories de l'organisme;

2^o Pour obtenir une chaleur moyenne propre à notre confort; les hautes températures étant non seulement inutiles mais nuisibles;

3^o Pour obtenir une amélioration du bien-être de tous: du particulier chez lui, de l'enfant à l'école, du nourrisson à la crèche, des malades dans les hôpitaux, des ouvriers dans les usines, des individus dans leurs salles de réunion.

4^o Pour obtenir un meilleur rendement du travail, tant intellectuel que manuel; le rendement étant maximum pour les degrés d'humidité et de température de la zone de confort;

5^o Pour lutter efficacement contre les maladies transmissibles.

Les bons résultats auxquels aboutit la pratique du « conditionnement de l'air » montrent qu'il faut faire connaître ces procédés et créer des installations partout où cela sera possible.

On obtiendra ainsi une amélioration générale de la santé, une diminution de la mortalité, en particulier de la mortalité infantile, une augmentation du rendement dans le travail, et un accroissement du bien-être.

Vu le doyen :

BALTHAZARD.

Vu le président de la thèse :

LOUIS TANON.

Vu et permis d'imprimer.

Le Recteur de l'Académie de Paris :

S. CHARLETY.

BIBLIOGRAPHIE

H. RUBSCHEL. — Traité théorique de chauffage et de ventilation (C. Béranger, édit.).

P. BELLON. — Assainissement des atmosphères confinées dans le travail des textiles.

— Assainissement des théâtres (*Ann. d'hyg. pub.*, 1922, p. 231; 1925, p. 341).

BONNETTE. — Le coup de chaleur dans les pays tempérés.

BOUARDEL et MARTIN. — Atmosphère et climats (*Traité d'hygiène*, tome I).

DOGILBERT. — La Nébulisation.

HÉRICOURT. — Des accidents causés par la chaleur (*Arch. de méd. milit.*, 1885).

SERGENT. — Traité de pathologie médicale (*Hygiène et régimes*, tome XXVIII).

LAURENT. — Géographie médicale.

MASSON et MARTIN. — Les maisons salubres et insalubres à l'exposition internationale de Londres, 1885.

MARTIN (A.-J.). — Hygiène de l'habitation privée. E. L., 1891.

- FAUCHER et RICHARD. — Les Habitations. E. H.
- BERTIN. — Sans l'Habitation. Paris, 1902.
- THOMSON. — Warming and Ventilation. S. P. 1891.
- VACHER. — A Healthy Home S. P. 1891.
- TRÉLAT. — L'aérage et le chauffage des habitations, 1886.
- LEFÈVRE. — Le chauffage.
- GALTON. — A Manual of ventilating warming and lighting, 1884. *Journ. f. Gasbeuchtung*, nombreux mémoires, 1900-1903.
- WAZON. — Chauffage et ventilation des édifices publics et privés. Paris, 1885.
- TRÉLAT. — Théorie du chauffage des habitations. R. H. 1885.
- SINGEER. — Etude sur l'humidification de l'air rendu sec par les appareils de chauffage et la description d'un nouveau procédé d'évaporation. (*Ann. d'Hygiène Pub., Ind. et Soc.* Avril 1950).
- J. RENAULT. — *Le Nourrisson*. Janvier et mars 1931.
- MOURIQUAND et CHARPENTIER. — *Bull. de l'Acad. de Méd.* Juillet, 1928.
- COURMONT et ROCHAIX. — Précis d'Hygiène.
- G. GIOVANNINI. — Central heating in new city blocks of Neudorf (Gesundh. Ingénieur. 53 : 1-8 janv. 30).
- A. MARX. — Effects of central heating on wooden objects (Gesundh. Ingénieur. 53 : 129-131. Mars 1930).

- HOTTINGER. — Electrical heating (Gesundh. Ingénieur.
53 : 193. Mars 1930. 52 : 731. Oct. 1929).
- MUSTERHANS. — Estimation of heating power of radiators (Gesundh. Ing. 53 : 161-164. Mars 1930).
- ABOM. — New pipe system (Gesundh. Ing. 52 : 803. Nov. 1929).
- CAMERON. — High temperature among experimental rats (science 69 : 576. Mai 1929).
- FICHTL. — Economical heating in hospitals (G. I. 52 : 753. Nov. 1929).
— Ztschr. f. des. ges. krankenhausw. 25 : 405-408.
- NIEIENTZ. — Electric heating in hospitals (dito. Juillet, 1929).
- SCHMIDT. — Evaporation and transmission of heat (G. I. Juillet, 1929).
- RYBKA. — Heating in america skyscrapers (G. I. Oct. 1929).
- MULIER — Modern heating and ventilation of workrooms (Ztschr. f. gewerbe hyg. Août 1929).
- BEATTIE. — Thermal death points of blowfly at difference relative humidities. (*Bull. entomol. research.* Mai, 1928).
- P. BECK. — Hygiène of heating with iron stoves. (G. I. Aout 1928).
- LIESE. — Dito. Juin, 1928.
- K. RA. — Influence of central heating on public healing (G. I. Juin, 1928).

- VERNON. — New methods of heating building influence on confort (I. Sate Med. Sept. 1930).
- SCHMIDT. — Practical aspects of heating school houses (Tr. Am. Soc. Heat and Ventil. Engin. 1927).
- DOSGUET. — Architectural social and therapeutic aspect of modern hospitals. Veroffentl. a d. Geb. d. Med. Verwalt. 1930).
- TEMPER. — Hospitals exhibit at international exhibition of hygiene in Dresden, 1930 (Ztschr. f. d. ges. Krankenhausw. Mai, 1930).
- W. R. Mc. CORNACK. — Application of unit ventilation sytems (Tr. Am. Soc. Head and Ventilation Engin. 1928).
- T. J. DUFFIELD. — Effects of mechanical and natural ventilation on health of school children (dito).
- S. R. LEWIS. — Pratical ventilation (dito).
- J. C. FISCHER. — Hospital heating system (Mod. hosp. mars 1929).
- J. GRÖNNINGSAETER. — Increase of heat emanation from radiators by direct admission of fresh air (G. I. oct. 1927-1928).
- F. C. HOUGHTEN and W. W. TEAGUE Body temperature regulation and other physiological reactions in their relation to physical characteristics of man's atmospheric environnement. (J. Am. Heat and Ventilation Engin, déc. 1928).

MAIMENDIER. — Influence of rise of temperature on physical and chemical properties of air : its hygienic effects (G. I. 1928).

BAICKE. — Means of preventing deposits in heating and hot water apparatus (G. I. 1928).

— Prevention of gaseous corrosion in heating and hot water apparatuses.

FORSYTHE. — Temperature radiation (J. O. Soc. Am. 1928).

PECLET. — Traité de la chaleur considérée dans ses applications (Paris, 1860-61).

KOHN ABREST. — La salubrité de l'air des ateliers (Ann. Hyg. Pub., 1925).

FRANKLIN Benj. — Lettres sur l'usage des cheminées tant en été qu'en hiver (In Œuvres traduites en français par Barbeau-Dubourg, publiées en 1758, p. 200).

DE MONTALEMBERT. — Cheminées, poêles. Paris, 1766.

GROUVELLE. — Art. Chauffage in dict. des arts et manufactures.

CANET. — Mémoire sur la salubrité des poêles en fonte. Chambéry, 1869.

MORIN. — De l'insalubrité des poêles en fonte, 1869.

C. P. YAGIOU and PHILIP DRINKER. — The summer comfort zone : Climates and Clothing (J. Am. Soc. Heat. Vent Engrs. Jan. 1929).

W. J. Mc. CONNELL and F. C. HOUGHTEN. — Body temperatures and their measurements (Am. Soc. Heat-Vent. Eng. 1922).

Ibid. Vol. 29, 1923.

— Air motion. High temperatures and various humidities. Reactions on human beings (dito. Vol. 30, 1924).

— Correlation of skin temperatures and physiological reactions. Vol. 30, 1924.

— Work tests in atmospheres of high temperatures and various humidities in still and moving air. Vol. 31, 1925.

— Basal metabolism before and after exposure to high temperatures and various humidities (Ibid.).

DAURIENNE. — Bulletin du Comité national d'organisation française. N° de février 1931.

TANON. — Précis d'hygiène.

BERNIÈRE. — Sur les causes de viciations de l'atmosphère libre et confinée et les moyens d'y remédier. Thèse, Paris, 1931.

BESSON. — Quelques considérations à propos du chauffage central en matière d'hygiène domestique. Thèse, Paris, 1924.

Imp. spéciale de la Librairie Le François, 91, bld St-Germain, Paris
